

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2798576号

(45) 発行日 平成10年(1998) 9月17日

(24) 登録日 平成10年(1998) 7月3日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 21/205

H 0 1 L 21/205

C 2 3 C 16/30

C 2 3 C 16/30

16/44

16/44

D

16/46

16/46

請求項の数 3 (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平5-29614

(22) 出願日 平成5年(1993) 1月27日

(65) 公開番号 特開平6-224127

(43) 公開日 平成6年(1994) 8月12日

審査請求日 平成5年(1993) 1月27日

審判番号 平7-26393

審判請求日 平成7年(1995) 12月7日

(73) 特許権者 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 廣井 政幸

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

合議体

審判長 今野 朗

審判官 張谷 雅人

審判官 小野田 誠

(56) 参考文献 特開 昭64-37008 (J P, A)

特表 昭61-501234 (J P, A)

(54) 【発明の名称】 シリコン膜の成長方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリコン原子を含むガス状原料および炭素原子を含むガス状原料およびゲルマニウム原子を含むガス状原料を用いて、気相反応が無視できる  $1.0^{-2}$  Torr 以下の真空中で熱分解によって炭素およびゲルマニウムを含むシリコンエピタキシャル膜を成長させることを特徴とするシリコンエピタキシャル膜の成長方法。

【請求項2】 少なくともも表面にシリコン層が形成され、該シリコン層上にマスクパターンが形成された基板を容器内に配置し、気相反応が無視できる  $1.0^{-2}$  Torr 以下の真空中で前記基板表面にシリコン原子を含むガス状原料および炭素原子を含むガス状原料およびゲルマニウム原子を含むガス状原料を同時に照射して、炭素およびゲルマニウムを含むシリコンエピタキシャル膜を前記シリコン層が露呈した領域のみに選択的に成長させる

工程を含むことを特徴とするシリコンエピタキシャル膜の選択成長方法。

【請求項3】 シリコン原子を含むガス状原料がジシラン、炭素原子を含むガス状原料がアセチレン、ゲルマニウム原子を含むガス状原料がゲルマングラスであることを特徴とする請求項1ないし2記載のシリコンエピタキシャル膜の成長方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はシリコンエピタキシャル膜の成長方法に関する。

【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】 シリコンを用いてヘテロ接合を形成するために従来は炭化シリコンまたはシリコンゲルマニウム混晶が用いられてき

た。炭化シリコンおよびシリコンゲルマニウム混晶は、固体、液体、ガスのそれぞれを原料として成長が行われており、シリコン酸化膜やシリコン窒化膜などのマスクパターンをシリコン基板上に形成して露出したシリコン表面部分のみに成長を行う選択成長も行われている。しかし、炭化シリコンはシリコンよりも格子が短く、シリコンゲルマニウム混晶はシリコンより格子が長いので、シリコンとの接合部に応力がかかって転位、欠陥が発生してしまい、良質の結晶が得られなかった。炭素とゲルマニウムをともに含有させることによって、シリコンと同じ格子の長さをもつエピタキシャル膜が成長できる。炭素とゲルマニウムをともに含有するシリコンエピタキシャル膜の成長は、これまで Applied Physics Letters vol. 60, pp. 3033, 1992 に報告されている、固体のゲルマニウム、シリコン等をソースとする分子線結晶成長法によって行われた例しかなかった。しかし、固体をソースに用いた分子線結晶成長法では、活性種が分子線源から直線的に飛来して成長が起きるために、図4に示すように、基板上に窪んだ部分があると、分子線源13からみて陰になる部分には成長しないほか、中心から離れるほど成長しにくいので広い面積に均一に成長することが困難であるなどの問題点があった。さらに固体をソースとした分子線結晶成長法では、使用によってソースが無くなった場合に、装置を開けてソースを充填せねばならず、生産に応用する場合に大きな問題となっていた。

【0003】本発明はこのような従来の事情に対処してなされたもので、窪みのある部分を含めて広い面積に均一に成長することが可能で、またソースがなくなった場合にも装置を運転したままガスポンペを交換するだけで連続的に使用が可能なシリコン膜の成長方法およびその装置を提供することを目的とする。

【0004】本発明は、シリコン原子を含むガス状原料および炭素原子を含むガス状原料およびゲルマニウム原子を含むガス状原料を用いて、気相反応が無視できる  $10^{-2}$  Torr 以下の真空度で熱分解によって炭素およびゲルマニウムを含むシリコンエピタキシャル膜を成長させることを特徴とするシリコンエピタキシャル膜の成長方法である。

【0005】ここでシリコンのソースとしてはシラン、ジシランなど、炭素のソースとしてはアセチレンなど、ゲルマニウムのソースとしてはゲルマンなどを用いる。また炭素とシリコンをともに含むメチルシランのような、シリコンおよび炭素およびゲルマニウムのうち複数を含むガスもソースとして用いることが可能である。シリコンにゲルマニウムを添加していくと格子が長くなり、シリコンに炭素を添加していくと格子が短くなる。したがってシリコンにゲルマニウムと炭素をともに添加することによってシリコンと同じ長さの格子をもつ膜を形成することが可能である。シリコン、炭素、ゲルマニ

ウムのいずれも原料にガスを用いることによって広い面積に均一にゲルマニウムおよび炭素を含んだシリコン膜を成長させることが可能である。

【0006】また、本発明によれば、少なくとも表面にシリコン層が形成され、該シリコン層上にマスクパターンが形成された基板を容器内に配置し、気相反応が無視できる真空度で前記基板表面にシリコン原子を含むガス状原料および炭素原子を含むガス状原料およびゲルマニウム原子を含むガス状原料を同時に照射して、炭素およびゲルマニウムを含むシリコン膜を前記シリコン層が露出した領域のみに選択的に成長させる工程を含むことを特徴とするシリコン膜の選択成長方法が提供される。この方法を実施するためのシリコン膜の選択成長装置は、真空容器内に、シリコン原子を含むガス状原料を導入するノズルと、炭素原子を含むガス状原料を導入するノズルと、ゲルマニウム原子を含むガス状原料を導入するノズルを備え、成長中の真空度を気相反応が無視できる  $10^{-2}$  Torr 以下に保持できる真空排気手段を備えてなることを特徴とする。

【0007】このように、気相反応が無視できる条件で成長を行うことによって、シリコン酸化膜やシリコン窒化膜などのマスクパターンをシリコン基板上に形成して露出したシリコン表面部分の上のみに成長を行う選択成長も可能である。

【0008】  
【作用】従来、シリコン基板上にヘテロ接合を形成する場合に材料として炭化シリコン、シリコンゲルマニウムが用いられてきた。これらの場合は、炭素はシリコンよりも格子が短く、ゲルマニウムはシリコンよりも格子が長いので、どちらの場合でも歪が生じ、転位、欠陥が発生した。炭素とゲルマニウムをほぼ1:8.5の割合で含有させることによって、シリコンと格子の長さを揃えることができるために、転位、欠陥を発生させずにシリコン基板上にヘテロ接合を形成することができる。本発明では、シリコン、炭素およびゲルマニウムをいずれもガスとして供給する。ガスは成長室内壁などによって散乱されて基板表面に到達するために、基板全体に平均的に供給される。シリコン、炭素およびゲルマニウムの全てのソースをガスにすることによって、窪んだ部分を含めて広い面積に均一に結晶成長を行うことが可能である。

【0009】気相反応が無視できる条件では、ガス状原料は基板表面でのみ分解を起こす。ここでマスクとなるシリコン酸化膜やシリコン窒化膜上に比べてシリコン表面上での分解吸着効率が高いために、シリコン表面上でのみ成長が起きる。

【0010】  
【実施例】次に、本発明の実施例について図面を参照して説明する。図1は本発明によるシリコン膜の成長装置の一実施例を示す装置の構成図である。図1に示すよう

に、この成長装置は、排気量1000l/sのターボ分子ポンプ（図示せず。）を主排気ポンプに用いた真空容器1の内部に加熱手段を有する基板保持部2が設置され、当該保持部上に載置された基板3に向けてジシラン供給用のノズル4およびノズル4に接続したジシランガスボンベ7と、アセチレン供給用のノズル5およびノズル5に接続したアセチレンガスボンベ8と、ゲルマン供給用のノズル6およびノズル6に接続したゲルマンガスボンベ9とが備えられている。

【0011】この装置を用いた結晶成長方法は、基板保持部2に4インチの（100）面を有するシリコン基板3を取り付け、基板温度を850℃に設定し、ジシラン、アセチレン、ゲルマンをマスフローコントローラで流量制御して流し、基板3上に炭素とゲルマニウムを含むシリコンエピタキシャル膜を形成する。成長させた基板3は大気中に取り出し、X線回折によって格子の長さの変化を観測し、TEM（Transmission Electron Microscopy）によって結晶性を評価した。成長した結晶中のシリコン、炭素およびゲルマニウムの含有量はSIMS（Secondary Ion Mass Spectroscopy）によって求めた。

【0012】基板温度を850℃に設定し、1SCCM（Standard Cubic Centimeter per Minute）のジシランを流すと成長室内のジシラン分圧は $1 \times 10^{-5}$ Torrとなり、シリコン基板上にシリコンが成長する。この試料を取り出してX線回折スペクトルを測定すると、図2（a）に示すように、シリコンのピークのみが観測された。この試料をTEMによって観察したところ、転位、欠陥はみられなかった。1SCCMのジシランと2SCCMのゲルマンを同時に流すと、ゲルマニウムを約30%含んだシリコンエピタキシャル膜が形成された。この試料を取り出してX線回折スペクトルを観測すると、図2（b）のように低角度側にゲルマニウムを含んだシリコンエピタキシャル膜のピークが観測され、シリコンより長い格子をもった結晶が成長しているのが確認された。この試料をTEMによって観察したところ、多数の転位が観察された。1SCCMのジシランと0.7SCCMのアセチレンを流すと、炭素を約3.5%含んだシリコンエピタキシャル膜が形成された。この試料のX線回折スペクトルを観測すると、図2（c）に示すように、シリコンより高角度側にピークが観測された。ピークの位置からシリコンと炭素が1:1で結合した形の化合物が成長した膜中に存在することが確認された。この試料をTEMによって観察したところ、成長した膜中に0.01 $\mu$ m程度の径をもつ微粒子が多数観測され、この微粒子の周りに多数の転位、欠陥が観察された。

【0013】1SCCMのジシランと2SCCMのゲルマンと0.7SCCMのアセチレンを同時に流したところ、約30%のゲルマニウムと約3.5%の炭素を含んだシリコンエピタキシャル膜が成長した。この試料のX

線回折スペクトルを観測したところ、図2（a）と同様にシリコンより低角度側、高角度側のどちらにもピークは観察されなかった。この結果は、成長した膜がシリコンと同じ格子の長さをもつことを示す。この試料をTEMによって観察したところ、転位、欠陥はみられなかった。これらの結果は、4インチ型基板の中心から0cm、1cm、2cm、3cm、4cmの全ての点で同じであった。以上のように、ジシラン、アセチレンおよびゲルマンを同時に流すことによって、シリコンと同じ格子の長さをもつ炭素およびゲルマニウムを含むシリコンエピタキシャル膜をシリコン上に形成できることが確認された。

【0014】さらに、マスクパターンとしてシリコン酸化膜を基板上に形成したシリコン（100）基板上において上記と同様の成長を行い、走査型電子顕微鏡によって成長した試料を観測したところ、図3に示すようにシリコン酸化膜11上には成長が起きず、シリコン基板10の表面上にのみ選択的に成長層12が形成されていることが確認された。

【0015】なお、本実施例では（100）表面をもつシリコン基板を対象としたが、他の面方位のシリコン基板、表面のみにシリコンが存在するSOI（Silicon on Insulator）基板にも適用できる。さらに、成長の初期段階以降は炭素およびゲルマニウムを含んだシリコン表面上で成長が進行していくことからわかるように、基板表面が炭化シリコン、シリコンゲルマニウム、炭素とゲルマニウムを含んだシリコン表面となっている基板にも適用可能である。また、マスクパターンとしてシリコン酸化膜を用いたが、シリコン窒化膜をマスクパターンとして用いた基板を含め、その他の構造を有し、部分的にシリコン表面が露出している基板にも適用できる。

#### 【0016】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、ガスをソースとすることによって窪みのある部分を含めて広い面積に均一に炭素およびゲルマニウムを含有するシリコンエピタキシャル膜を基板上に成長させることができる。またシリコン酸化膜やシリコン窒化膜などのマスクパターンを基板上に形成して、露出した基板表面部分の上のみに成長を行う選択成長も可能である。さらに、ガスをソースとしているのでソースの充填を必要としないため、生産効率が高くなる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による装置の一実施例を示す構成図である。

【図2】本発明の方法の一実施例におけるX線回折スペクトルを示す図である。

【図3】本発明の方法の一実施例における成長後の試料断面形状を示す図である。

【図4】従来例によってシリコン基板上に炭素およびゲルマニウムを含有するシリコンエピタキシャル膜を成長

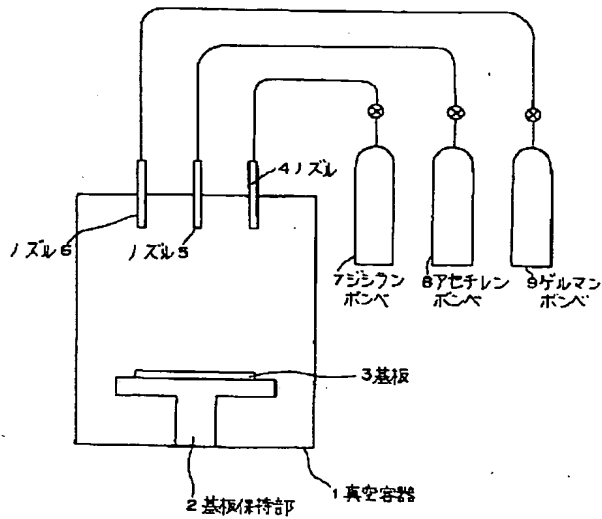
させた時の試料断面形状を示す図である。

【符号の説明】

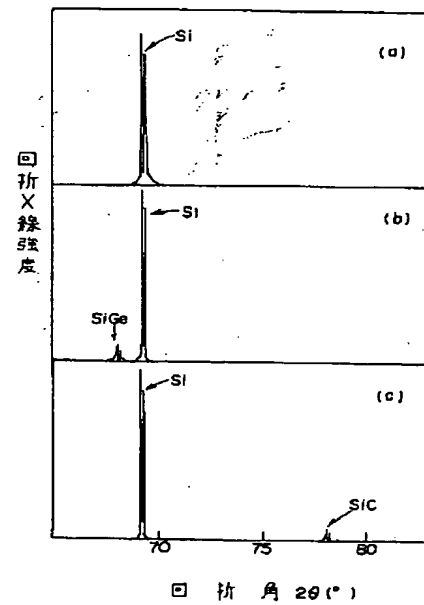
- 1 真空容器
- 2 基板保持部
- 3 基板
- 4, 5, 6 ノズル
- 7 ジシランボンベ
- 8 アセチレンボンベ
- 9 ゲルマンボンベ

- 10 シリコン基板
- 11 シリコン酸化膜
- 12 成長層
- 05 13 分子線源
- 14 シリコン基板
- 15 成長層

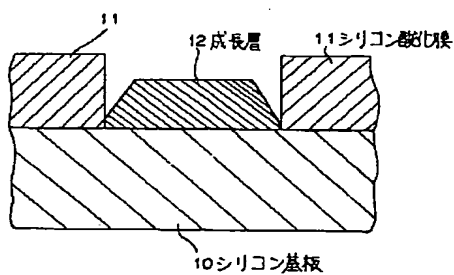
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

